

Tartu Ülikool
Sotsiaalteaduste valdkond
Psühholoogia instituut

Mattias Mölder
Digit Triplet kuulmistesti eestikeelsete stiimulite valideerimine
Uurimistöö

Juhendajad:

Paul James Gardner, MA
Avo-Rein Tereping, PhD
Maria Tamm, PhD

Läbiv pealkiri: Digit Triplet testi stiimulite valideerimine

Tartu 2018

Kokkuvõte

Käesoleva töö eesmärk oli hinnata ja valideerida stiimuleid eestikeelse Digit Triplet testi (DTT) väljatöötamise jaoks. Esmased pilootkatsed viidi läbi 12 erineva stiimuli ehk numbrikolmikuga. Töö käigus arvutati praeguste katses kasutatud stiimulite põhjal võimalikult head stiimuli karakteristikud, milleks on kõnetaju lävi (KTL) -9,79 dB ning regressioonikõvera tõus kõnetaju läve punktis 19,49%/dB. Sellega loodi ka esmane suund, millele olemasolevate stiimulite arendamisel või uute väljatöötamisel ja järgmiste pilootkatsete käigus tugineda. Kindlasti ei saa väita, et töö käigus leiti ideaalse stiimuli karakteristikud. Selleks on vaja madala eristusvõimega stiimuleid täiustada, et stiimulitevahelist hajuvust vähendada, ning kvaliteetsemate stiimulitega uued pilootkatsed läbi viia.

Märksõnad: Digit Triplet test; kuulmistest; stiimulite valideerimine

Validating stimuli for Estonian Digit Triplet hearing test

Abstract

The purpose of this study was to evaluate and validate stimuli for the development of Estonian Digit Triplet test. The first pilot tests were conducted using 12 different stimuli/triplets. Based on these stimuli, the characteristics, such as speech reception threshold (SRT) and slope gradient at SRT were calculated. It forms a baseline and gives us a general idea what to look for when improving current stimuli or developing new ones. The selected SRT and slope were -9,79 dB and 19,49%/dB, respectively. These definitely do not represent the characteristics of an ideal stimuli that is to be used in the final version of Digit Triplet test. For that, a set of stimuli with more equal performance is required. In order to do so, current stimuli need to be improved and new pilot test have to be conducted.

Keywords: Digit Triplet test; hearing test; stimuli validation

SISSEJUHATUS

Kuulmislangus on probleem, mille raskusastmest inimene ise ei pruugi isegi teadlik olla, kuid millel on märkimisväärne mõju elukvaliteedile. Sõltuvalt kuulmislanguse tõsidusest segab ja häirib inimese igapäevast suhtlust ning takistab infovahetust. Kannatajaks ei ole mitte ainult kuulmisprobleemidega inimene ise, vaid ka lähedased ja ümbritsev suhtlusringkond. Eriti suurt mõju kuulmisele on täheldatud vanuse kasvades (Cruickshanks et al., 1998). 3753 katseisikul keskmise vanusega 65.8 aastat leiti peaaegu pooltel (45,9%) osalejatest kuulmislangus (Cruickshanks et al., 1998). Kuna keskmine eluiga tõuseb, peavad järjest rohkemad vanemad inimesed sellega silmitsi seisma (Cruickshanks et al., 2003).

Subjektiivsed hinnangud enda kuulmisele on sageli ebatäpsed ning kuulmislangust kiputakse alahindama (Jansen, Luts, Wagener, Frachet ja Wouters, 2010). Lisaks sellele ei otsi paljud kuulmislangusega inimesed oma murele lahendust (Smits, Kapteyn, Houtgast, 2004). Arvatavasti on see tingitud sellest, et objektiivsed mõõtmisvahendid ei ole piisavalt kättesaadavad. See tähendab, et kuulmislanguse tõsiduse täpseks mõõtmiseks on tarvis spetsialisti poole pöörduda, mis on sageli väga suur ettevõtmine, eriti vanemate inimeste jaoks (Smits et al., 2004).

Kuulmislangusega inimesed kaebavad ise kõige enam kõnest arusaamise üle just siis, kui samal ajal esineb taustamüra (Gatehouse ja Noble, 2004; McArdle, Wilson ja Burks, 2005). Sellest hoolimata testitakse enamasti kuulumiskahjustust vaikuses (McArdle et al., 2005). See ei anna aga selget ülevaadet sellest, kuidas patsient igapäevaselt reaalses elus hakkama saab, kus siiski enamasti on esindatud mingisugune taustamüra, näiteks automüra linnas või teiste kõnelejate ühtlane sumin ruumis (McArdle et al., 2005). Seega on tarvis testi, mis oleks ühtlasi kättesaadava ja hõlpsasti kasutatav ning suudaks mõõta kõnest arusaamise täpsust müras pakkudes seejuures testi sooritajale adekvaatset tagasisidet tema kuulmise või kuulmislanguse kohta.

Müra taustal kõnest arusaamise (*Speech-in-noise*) teste on välja töötatud mitmeid (Killion et al., 2004; Smits et al., 2004) ning leitud, et sellist tüüpi testid on usaldusväärsed ja tõhusad hindamaks patsiendi või katseisiku võimekust mõista teksti müra taustal (Nilsson, Soli, Sullivan, 1993). Digit Triplet test (DTT) kujutab endast testi, kus ühtlase müra taustal presenteeritakse sõnade või silpide asemel katseisikule või kuulmislangusega patsiendile kolm ühekohalist numbrit (numbrikolmik), vahemikus 0-9. Katseisiku ülesanne on numbrid tuvastada ja kuuldud järjekorras arvutisse sisestada. Tavapraktikas kasutatakse küll vaid

ühesilbilisi numbreid, et arvsõnade intensiivsus oleks võimalikult sarnane, kuid katseisikut enne testi alustamist sellest ei teavitata (Watson, Kidd, Miller, Smits ja Humes, 2012).

DigitTriplet testi eelis teiste *speech-in-noise* testide ees seisneb stiimulite lihtsuses. Esiteks on numbrid, eriti ühekohalised, enim õpitud ja läbitöötatud sõnadekomplekte meie sõnavaras (Smits et al., 2012). See aitab tagada, et varieeruvus inimeste kognitiivses võimekuses avaldaks katsetulemustele väiksemat mõju. On teada, et müra taustal numbrite äratundmiseks piisab kuni 5 dB vaiksemast helist, kui seda on tarvis sõnade jaoks, ning kuni 15 dB vaiksemast helist, kui seda on tarvis tähendust mitteomavate silpide mõistmiseks. Teiseks on numbreid kasutades testis vajaminevate stiimulite hulk väiksem ning omavahel heliomaduste poolest sarnase intensiivsusega stiimuleid on kergem leida (Smits et al., 2012). Numbrikolmik omab tõenäoliselt võrreldes suvalise nimisõnaga ka väiksemat tähendust katseisikule (Ozimek et al., 2009). Samuti puudub neid presenteerides kontekst, mistõttu on katseisikutel raskem kolmikuid meelde jätta vähendades seega õppimise efekti mõju tulemustele. Arvsõnad moodustavad aga väga väikese osa kogu sõnavarast. Lisaks sellele on tavalise *speech-in-noise* testi stiimulites esindatud suurem häälikute varieeruvus. Seega on Digit Triplet testis representeeritud vaid väike osa kogu sõnavarast ja keelest, mistõttu ei ole see parim meetod kõnest arusaamise testimiseks. Testi kasutatakse põhiliselt üldise kuulmistaseme hindamiseks (Ozimek et al., 2009).

Nagu eelnevalt mainitud, oleks tarvis testi, mis oleks lihtsasti kasutatav ja inimestele kättesaadav. Esmakordselt töötati 2004. aastal välja telefonivahendusel sooritatav Digit Triplet kuulmistest Hollandis (The National..., 2017a). Sellest said inspiratsiooni teised Euroopa riigid ning 2008. aastal alustati telefonipõhise kuulmistesti väljatöötamist ka USAs (The National..., 2017a). Rahvusvaheline kuulmistest on nüüdseks ka internetis kättesaadav ning väikese tasu eest sooritatav (The National..., 2017b). Hetkel töötatakse ka Eestis selle nimel, et Digit Triplet testi oleks võimalik sooritada nii läbi interneti- kui telefonivõrgu ilma spetsialisti kõrvalise abita. Siiaamaani on telefonipõhised testid mõeldud aga vaid lauatelefonide jaoks, kus inimene sisestab kuulnud numbreid kasutades telefoni numbriklahvistikku. Kuna lauatelefonid on aga järjest populaarsust kaotamas ning paljudes kodudes neid enam ei ole, üritatakse liikuda selle poole, et test oleks sooritatav ka läbi mobiilivõrgu. Kummagi kõrva testimine võtab aega ligikaudu 4 minutit ning sooritaja saab sõltuvalt oma tulemuseks tagasisideks kas „Hea“; „Piiripealne“ või „Kehv“. Seeläbi on inimesel võimalus enda kuulmist kontrollida ning adekvaatset tagasisidet saada ilma, et peaks kohe professionaali poole pöörduma. See on mugav lahendus, eriti vanematele inimestele, või neile, kelle jaoks on arsti poole pöördumine mingil põhjusel raskendatud.

Käesoleva töö eesmärk on iseloomustada ja valideerida stiimulid eestikeelse Digit Triplet testi telefoniversiooni väljatöötamise jaoks. Antakse esmane üldine ülevaade stiimulitest ning luuakse alus, millele tuginedes tulevikus stiimuleid ühtlustada ja korrigeerida ning seeläbi mõõtmistäpsust parandada. Katses oli kasutatud 12 erinevat stiimulit ehk numbrikolmikut, mida presenteeriti erinevate signaali-müra suhte (*Signal-noise ratio*) tasemetel juures katseisikule. Kõik kolmikud olid moodustatud ühesilbilistest eestikeelsetest numbritest. Kuulmistesti väljaarendamisest on kasu audioloogidel, et kuulmislangusega patsientide hindamine oleks täpsem ja lihtsam. Samuti on tulemused olulised kuulmisaparaatide arendamise seisukohast. Selleteemaline töö on Eestis esimene ning varasemaid katseid stiimulite valideerimise jaoks veel tehtud ei ole.

MEETOD

Valim

Uurimuses osales 11 inimest (9 naist ja 2 meest) vanuses 21-74, keskmiseks vanuseks valimis oli 30 (SD = 16,8). Kõikide osalejate emakeeleks on eesti keel. Tegemist oli mugavusvalimiga, kuid arvesse võeti katseisikute vanust suurendamaks varieeruvust kuulmislavedes. Muid kriteeriume valimi suhtes ei rakendatud, kuna individuaalsete erinevuste mõju tulemustele on antud katses minimaalne. Ühel katseisikul tuvastati kergelt häirunud kuulmine vasakus kõrvas. Kriteeriumiks oli audiomeetrilise testi tulemuste keskmine (*Pure tone average*) (0.25, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0 kHz) > 20 dB HL (Watson et al., 2012). Kõik ülejäänud katseisikud jäid normaalse kuulmise piiridesse.

Stiimulid

Stiimuliteks olid numbrikolmikud, mida presenteeriti katseisikule erinevate signaali-müra suhte tasemetel juures. Müra tase oli konstantne (69 dB SPL). Kolmikuid esitati 2 dB SPL suuruste vahedega ning need erinesid müra tasemest -2 dB SPL kuni -14 dB SPL võrra. *Speech-in-noise* testide puhul sõltub kõnest arusaamise täpsus pigem signaali-müra suhtest, mitte stiimuli valjuse absoluutväärtusest (Killion et al., 2004). Numbrikolmikuid oli kokku 12 erinevat („0-3-2“; „0-5-3“; „1-2-3“; „1-3-6“; „2-0-5“; „2-6-1“; „3-0-6“; „3-6-5“; „5-0-2“; „5-1-0“; „6-1-5“ ja „6-2-1“), mis koosnesid ühesilbilistest numbritest vahemikus 0-9. Silpide arvu piirati eesmärgiga luua võimalikult sarnase intensiivsusega stiimulid (Watson et al., 2012). Katseisikud ei olnud enne katse sooritamist mainitud kriteeriumist teadlikud ning katseinstruktsioonides ei olnud sellele vihjatud. Stiimulite väljatöötamisel tugineti Veispak, Jansen, Ghesquère ja Wouters (2015) uurimistööle. Stiimulid loeti sisse naisterahva poolt

helikindlas ruumis. Kõneleja paluti jääda võimalikult neutraalseks ja hoida naturaalselt intonatsiooni. Igat numbrit loeti mitu korda, et mitme hulgast parim versioon valida, ning liideti hiljem kokku numbrikolmikuteks (Veispak et al., 2015). Seega numbrid esitati kolmikus üksteise järel üksikühikutena. Näiteks kolmik „1-3-6“ kõlaski kui „üks-kolm-kuus“, mitte „sada kolmkümmend kuus“. Katseisik kuulis igat kolmikut ühe korra kõigil signaali-müra tasemetel, mis tähendab, et kokku kuulas ja reageeris katseisik 84-le stiimulile kummaski kõrvas.

Protseduur

Katse käigus ei tekitatud katseisikutele moraalset ega füüsilist kahju ning delikaatseid isikuandmeid käsitleti hoolikalt. Andmete kogumine, salvestamine ja töötlemine toimus anonüümselt ning katses osalejate tulemuste põhjal ei ole isikud tuvastatavad. Kogutud andmed säilitatakse elektrooniliselt eksperimentaatori arvutis, mis on turvatud parooliga, mida teab vaid eksperimentaator. Samuti on alguses täidetud nõusolekulehtedel olevatele andmetele (nimi ja allkiri) ligipääs ainult eksperimentaatoril.

Katsesse sisenedes jagas eksperimentaator katseisikutele kirjaliku nõusoleku lehe ning andis ülevaate katses toimuvast. Täpsed instruksioonid jagati katseisikule vahetult enne iga katseosa algust. Kõik katseisikud sooritasid katse sarnaste tingimustega. Kahjuks ei olnud võimalik ligipääs helikindlale ruumile, kuid väliste segajate tase oli viidud miinimumini. Katse ajal viibis katseisikuga samas ruumis vaid eksperimentaator. Käesolev eksperiment koosnes kahest osast. Esialgu tehti audiomeetrilise testi abil kindlaks katseisiku absoluutne kuulmislävi sagedustel 250 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz ja 8000 Hz audiomeetriga *Screening Audiometer AS608*. Katse teises pooles sooritasid katseisikud arvutis Digit Triplet testi, mille presenteerimiseks ja läbiviimiseks kasutati programmi *MATLAB R2017*. Kokku võttis katse aega ligikaudu 45 minutit. Katseisikutele pakuti vahepeal võimalust puhkepausiks, kuid seda ei soovinud mitte keegi.

Katse esimeses pooles paluti katseisikutel asetada pähe kõrvaklapid ning instrueeriti vajutama käes hoitava puldil nuppu kohe, kui kõrvaklappidest on kuulda helisignaali. Nuppu pidi all hoidma kogu signaali kestvuse vältel. Helisignaali pikkused varieerusid vahemikus 1-3 sekundit, mida kontrollis eksperimentaator. Samuti varieeriti intervallide pikkust iga signaali vahel veendumaks, et katseisik tõepoolest kuuleb, mitte ei järgi regulaarset signaalide esinemise rütmi. Kuulmisläve kindlaksmääramisel järgiti Briti Audioloogia Ühingu poolt koostatud soovitatavat protseduuri (BSA, 2011). Testiti paremat ja vasakut kõrva eraldi alustades kõrvast, mis katseisiku enda arvates kuuleb paremini. Mõlema kõrva puhul alustati sageduselt 1000 Hz ning jätkati selles järjekorras: 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz, 250 Hz. Esimese kõrvaga viidi läbi

kontrolltest uuesti 1000 Hz juures (BSA, 2011). Testimata jäeti sagedus 500 Hz, et kogu eksperimendi kestvus oleks lühem ning katseisikud ei oleks teise katseosa alguseks liiga väsinud. Absoluutse kuulmisläve leidmine on oluline, et määrata kindlaks, kas katseisiku kuulmine jääb normi piiridesse. Sellest lähtuvalt jagati katseisikud ka gruppidesse, kui selleks vajadus ilmnis. Nii audiomeetria kui ka Digit Triplet testis mõõdeti mõlemat kõrva eraldi, mis annab veel omakorda võimaluse teha vajadusel eristusi sama katseisiku erinevate kõrvade vahel.

Kuulmisläve teadasaamiseks alustati 40 dB HL stiimulist, mida normaalse kuulmisega katseisik kindlasti kuuleb (BSA, 2011). Vajadusel alustati ka valjemalt, kuid mitte rohkem kui 80 dB HL. Tooni valjust langetati 10 dB HL kaupa iga korrektse vastuse järel nii kaua kuni katseisik signaali enam ei kuulnud. Seejärel tõsteti valjust 5 dB HL kaupa kuni katseisik taas signaalile registreeris. Õige vastuse järel langetati jälle taset 10 dB HL võrra kuni reaktsiooni puudumiseni ning jätkati tõusu 5 dB HL sammude kaupa. Protsessi korrati minimaalselt kolm korda veendumaks katseisiku reaktsioonide järjepidevuses. Kuulmislävi defineeriti kui vaikseim toon, millele järgneb stiimuli esitamisel enam kui 50% kordadest katseisiku õige reaktsioon. Näiteks kolmest signaaliesitamise korrast tuli signaali kuulda vähemalt kahel korral; neljast signaaliesitamise korrast kolmel jne (BSA, 2011).

Katse teine pool kestis ligikaudu 25 minutit ning eesmärk oli sooritada Digit Triplet test. Eksperimentaator selgitas katse üksikasju, mille järel asetasi katseisikud kõrva kõrvaklapid. Katseisikule esitati klappidest müra taustal järjest kolm numbrit (numbrikolmikud), mille katseisik pidi tuvastama ning kuuldud järjekorras arvutisse sisestama kasutades selleks numbriklahvistikku. Müra algas 500 ms enne numbrikolmiku presenteerimist ning kestis 500 ms pärast seda, kui viimane number oli ära öeldud. Katseisikul oli piiramatult aeg mõtlemiseks ja enda vastuse sisestamiseks. Järgmine stiimul algas pärast seda, kui katseisik oli numbrid arvutisse sisestanud ning oma valiku klahviga „enter“ kinnitanud. Kohest tagasisidet soorituse osas katseisik ei saanud. Numbrikolmikuid esitati täiesti suvalises järjekorras sõltumata sellest, milline oli katseisiku eelmine sisend. Katseisiku vastus salvestati ning tulemusi hinnati kahedimensioonilisel skaalal (1 või 0), kus 1 punkti sai vaid siis, kui terve kolmik oli õigesti sisestatud. Paremat ja vasakut kõrva testiti eraldi ning alustamisjärjekord oli suvaline. Enne päris katse algust lubati katseisikutel lühikest aega proovikatseid sooritada, et katseisik saaks veidi stiimuliga harjuda ning vajadusel eksperimentaatorilt küsida, kui midagi oli arusaamatuks jäänud. Vähendamaks õppimise efekti viidi proovikatsed läbi vaid esimese kõrva puhul ning need lõpetati kohe, kui katseisik õppis stiimulit müra eest eristama. Tavaliselt õpiti seda tegema umbes 5-6 stiimuli jooksul.

Stiimulite valideerimine

Stiimulite valideerimisel arvestati kõne tajumise läve (*Speech Reception Threshold*) ja kuulmistäpsuse paranemist signaali-müra suhtes. Kõnetaju läveks (KTL) loetakse piiri, kus inimene saab aru 50% talle esitatud stiimulitest. Seega loeti katses kõne tajumise läveks seda signaali-müra suhet, mille juures vastati 50% kordadest õigesti, see tähendab, et saadi aru tervest kolmikust ning kõik kolm numbrit sisestati õiges järjekorras arvutisse. Kuulmistäpsuse paranemist hinnati selle põhjal, kuidas kasvab õigete vastuste arv, ehk kuulmistäpsus, signaali-müra suhtega võrreldes. Selleks arvutati graafikul regressioonkõvera tõus kõne tajumise läve punktis (%/dB). Katseisikutel testiti mõlemat kõrva eraldi, juhul kui esineb olulisi erinevusi kahe kõrva vahel. Kuna kõigi stiimulite puhul oli parema ja vasaku kõrva puhul märgata peaaegu võrdset sooritust, otsustati analüüsis kõrvadevahelist eristust mitte teha.

Käesolev katse on Eestis esmakordne, mis tähendab, et on keeruline öelda, mis võiks olla keskmine kõne tajumise lävi olemasolevate stiimulite puhul. Varasemad uuringud on näidanud, et sõltuvalt testikeelest, stiimulitest ja meetoditest võib see erineda ning kõikuda signaali-müra suhte skaalal vahemikus umbes -10 dB ja -5 dB. (Ozimek et al., 2008; Watson et al., 2012; Zokoll et al., 2012). Samuti on oluline mainida, et kõnetaju lävi sõltub ka testi sooritamise vahendist. Uuringus (Zokoll et al., 2012) on kõrvaklappide ja telefoni erinevusi uurides leitud 2 dB kuni 4 dB suurune vahe kõnetaju läves. Kusjuures, kõrvaklappide puhul oli KTL alati madalam. See tähendab, et katseisikud kuulsid numbrikolmikuid läbi müra paremini kui kasutati kõrvaklappe. Kuna käesolevas katses kasutati samuti kõrvaklappe, tuleb telefoniversiooni väljatöötamisel seda teadmist arvesse võtta.

Kõnetaju läve eestikeelsete stiimulite hindamisel puuduvad seega konkreetsed toetuspunktid. Laaeefekti tõttu saab kindlalt aga välistada äärmuslikud tulemused. Äärmuslik KTL tähendab, et katseisik saavutab liiga head tulemused väga vaikse signaali puhul või vastupidi liiga kehvad tulemused väga valju signaali puhul. Sellisel juhul ei suuda konkreetne stiimul anda inimese kuulmise kohta adekvaatset tagasisidet. Antud katses kõige vaiksem katseisikutele esitatud signaal oli signaali-müra suhtega -14 dB SPL ning kõige valjem suhtega -2 dB SPL.

Üldiselt lähtutakse printsiibist, et mida järsem on graafikul KTL-i punktis regressioonikõvera tõus, seda täpsemaid ja korratavamaid tulemusi on võimalik saavutada (Ozimek et al., 2008). Erinevate uuringute (Ozimek et al., 2008; Watson et al., 2012; Zokoll et al., 2012) tulemustes peegeldub valideeritud stiimulite puhul regressioonkõvera tõus vahemikus umbes 15-20%/dB ning minimaalne võiks olla vähemalt 13%/dB (Ozimek et al., 2008). Sellest lähtutakse ka käesolevas töös. Mida väiksem varieeruvus on stiimulite hulgas nii kõnetaju läves

kui funktsiooni tõusus, seda sarnasemad on stiimulid, mis tagab adekvaatsema mõõtmistäpsuse. Ideaalsed stiimuli karakteristikud on võimalikult väike standardhälve nii kõnetaju läves kui ka kõverate tõusudes. (Ozimek et al., 2008). Toetudes uuringule (Ozimek et al., 2008) lähtuti võimalikult sarnaste karakteristikutega stiimulite leidmisel kahest kriteeriumist, mis mõlemad pidid olema täidetud:

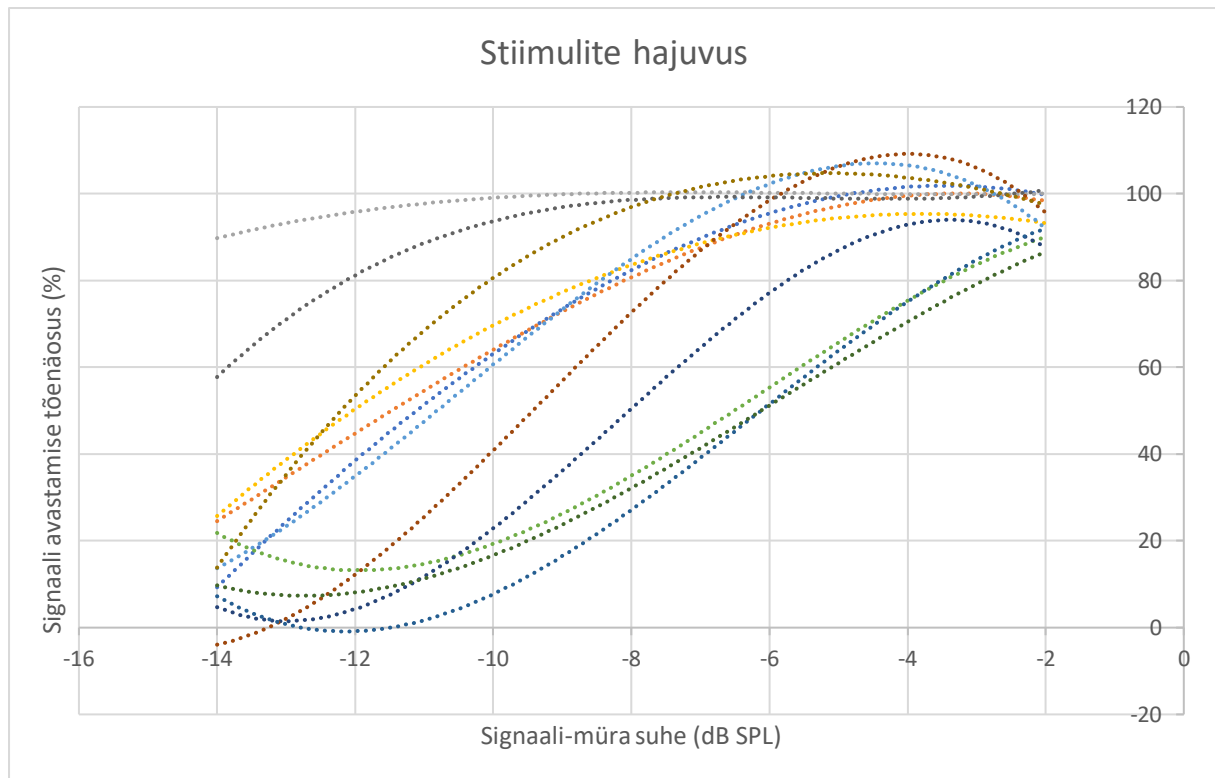
- Stiimuli kõnetaju lävi jääb $\pm 1,5$ dB piiridesse keskmise kõnetaju läve suhtes.
- Stiimuli regressioonikõvera tõus on vähemalt 13%/dB

Enne mainitud kriteeriumide rakendamist eemaldati andmetötlusest stiimulid, mille KTL oli madalam kui -14 dB. Viimaks leitakse kriteeriumidele vastavate stiimulite kõnetaju läve ja regressioonikõvera tõusu keskmine tulemus, mis saab olema toetuspunktiks teiste stiimulite arendamisel või uute väljatöötamisel. Andmeanalüüsist jäeti välja ka ühe katseisiku vasaku kõrva tulemused kuna audiomeetrilise testiga tuvastati seal kerge kuulmislangus. Stiimulite eristusvõime ei ole meile veel teada ning vaid ühe kuulmislangusega kõrva tõttu puudus ka võimalus selle alusel katseisikuid grupeerida ja omavahel võrrelda. Seetõttu otsustati konkreetse katseisiku vasaku kõrvaga sooritatud katsetulemused andmetötlusest kõrvale jätta.

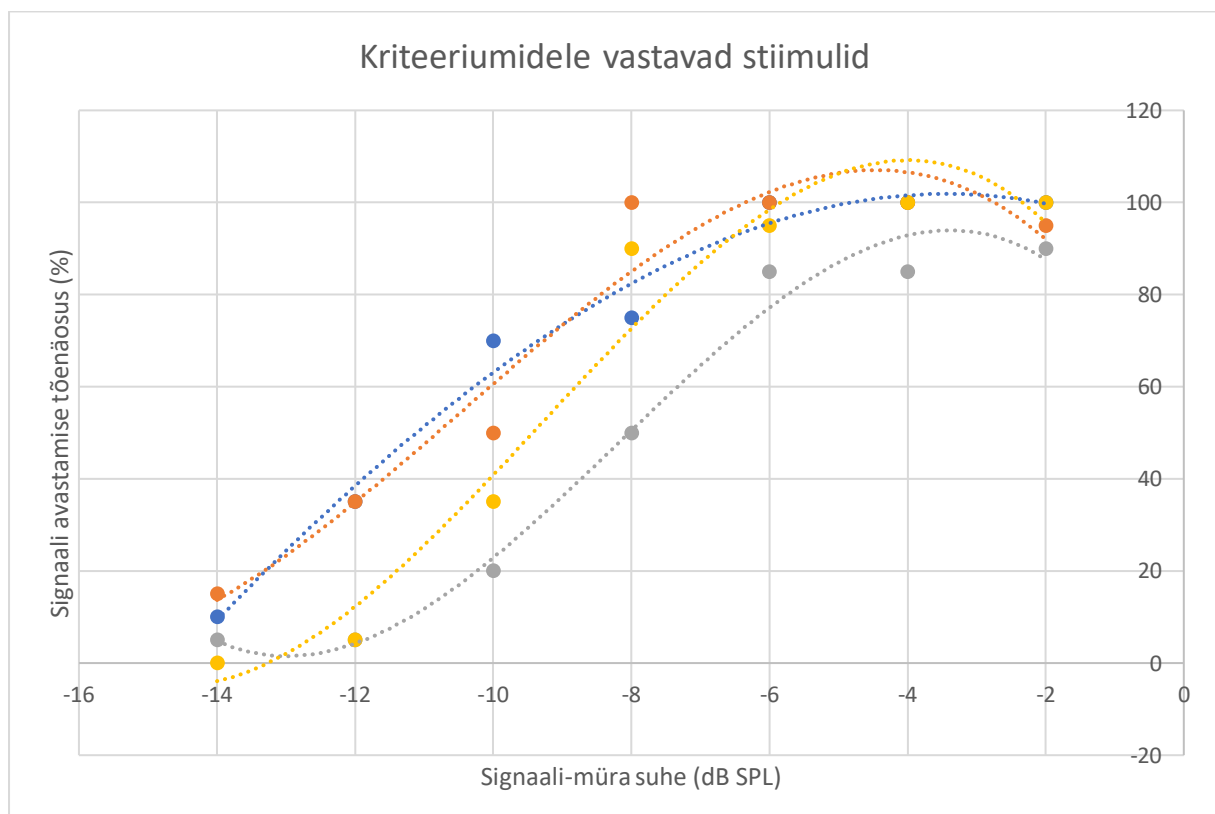
TULEMUSED

Katses kasutatud stiimulite kõnetaju lävi jäi vahemikku -16,9 ja -6,2 ($M = -10,4$; $SD = 3,14$) dB ning keskmine regressioonikõvera tõus oli 13,63%/dB ($SD = 6,09$). Stiimulite esmane jaotus on välja toodud ka joonisel 1. Nagu näha, on stiimulitevaheline varieeruvus üpris suur, see tähendab, et sarnaste signaali-müra suhete juures on katseisikute kuulumistäpsus väga palju kõikunud. Ideaalseid tulemusi ei produtseerinud mitte ükski stiimul, kuid mõned näitasid paremaid karakteristikuid kui teised.

Äärmusest (-14 dB) madalama kõnetaju läve puhul on tegu vaid ennustusliku väärtustega, sest katses ei olnud nii madala signaali-müra suhtega stiimulid reaalselt esindatud. Järelikult viitab selline tulemus laaeffektile ja kehva eristusvõimega stiimulile. Seda esines kahe stiimuli puhul („1-2-3“ ja „5-0-2“), mis eemaldati seetõttu ka lõplikust andmetötlusprotsessist. Pärast seda saadi keskmiseks kõnetaju läveks -9,4 dB ($SD = 2,23$) ning keskmiseks regressioonikõvera tõusuks 15,26%/dB ($SD = 5,22$).

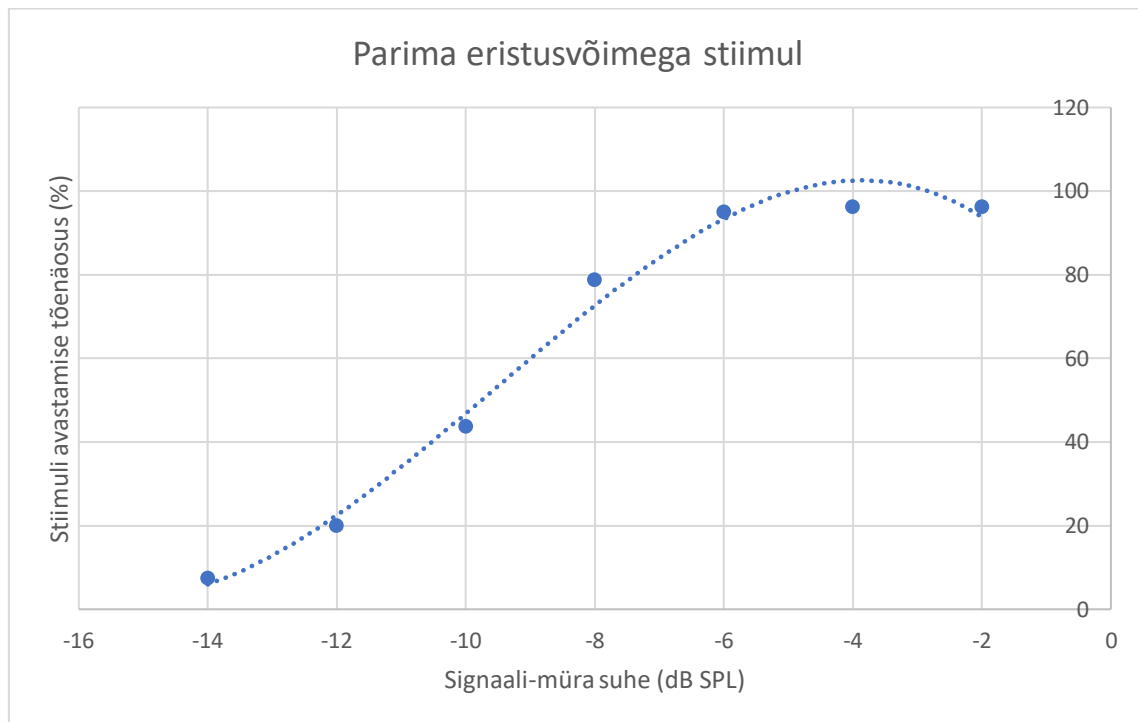


Joonis 1. Kõikide testis kasutatavate stiimulite hajuvus.



Joonis 2. Kriteeriumide alusel välja valitud ning kõige paremini keskmist tulemust kajastavad stiimulid.

Allesjäänud 10 stiimuli hulgast otsiti kahe varem väljatoodud kriteeriumi põhjal välja võimalikult sarnaste karakteristikutega stiimulid (Joonis 2). Valituks osutus 4 stiimulit („0-3-2“; „2-5-0“; 3-0-6“; ja „3-6-5“) keskmise kõnetaju lävega $-9,79$ dB ($SD = 1,3$) ja regressioonikõvera tõusuga $19,49\%/dB$ ($SD = 5,78$). Need tulemused iseloomustavad kõige täpsemini parima eristusvõimega stiimulit (Joonis 3) ning selliste karakteristikute suunas võiks olemasolevate stiimulite arendamisel või uute väljatöötamisel liikuda.



Joonis 3. Kriteeriumide alusel valitud stiimulite põhjal arvutatud illustratsioon parima eristusvõimega stiimulist ($KTL = -9,79$ dB; regressioonikõvera tõus = $19,49\%/dB$)

ARUTELU JA JÄRELDUSED

Katses kasutatud stiimuleid analüüsiti ning leiti kõikide stiimulite kõnetaju lävi ning regressioonikõvera tõus kõnetaju läve punktis. Äärmusi ületavad stiimulid (2) eemaldati analüüsist. Allesjäänud stiimulitest valiti kahe kriteeriumi alusel välja 4 kõige paremini keskmist iseloomustavad stiimulid. Nende põhjal loodi kuvand karakteristikutest, mis on esmaseks aluseks stiimulite arendamisel ja uute väljatöötamisel. Selleks on kõnetaju lävi $-9,79$ ($SD = 1,3$) dB ning regressioonikõvera tõus $19,49$ ($SD = 5,78$) $\%/dB$.

Nagu varem mainitud võib KTL suuresti varieeruda sõltuvalt aparatuurist, katsekeelest ja stiimulitest. Võrreldes käesoleva töö tulemusi varasemate uurimustega (Ozimek et al., 2009; Watson et al., 2012) võib üsna kindlalt väita, et KTL tulemused on realistlikus vahemikus. Samuti ületab regressioonikõvera tõus $13\%/dB$, mis oli üheks hea stiimuli kriteeriumiks. Siiski

ei saa tugineda vaid kõnetaju läve keskmisele väärtusele, vaid oluline on vaadata ka standardhälvet. Uuringus (Ozimek et al., 2009) raporteeriti kõikide stiimulite KTL-i standardhälve väärtuseks 0.8, kuid antud töös saadi selleks 2.23. See viitab suuremale stiimulite omavahelisele varieeruvusele.

Andmeid analüüsid oli graafikutel stiimuleid võrreldes näha, kuidas erinevatele stiimulitele reageerivad katseisikud muidu samade tingimuste juures väga erinevalt ning stiimulid ei produtseerinud ühtlaseid ega sarnaseid tulemusi. Näiteks stiimuli „5-2-0“ kõnetaju lävi oli umbes -14 dB, mis tähendab, et enamus katseisikuid kuulsid vähemalt 50% kordadest konkreetset stiimulit ka siis, kui neile presenteeriti kõige vaiksem versioon konkreetsest stiimulist. Seevastu näiteks stiimuli „6-1-5“ kõnetaju lävi oli ligikaudu -6 dB. Liiga suurte stiimulitevaheliste erinevuste tõttu ei saa ka veel praeguses töö staadiumis saadud tulemustele eriti suurt kaalu omistada. Tulemused näitavad ära küll tendentsi, mille poole keskmine stiimul kaldub, kuid kindlasti ei saa väita, et saadud tulemused iseloomustavad ideaalset stiimulit.

Suur väärtus on ka informatsioonil, mis iseloomustab iga stiimulit individuaalselt ning mis käesoleva töö jooksul koguti. Selle abil on võimalik juba teatud piirini stiimuli efektiivsust hinnata ilma, et peaks seda teistega ja keskmise tulemusega võrdlema. Nagu varem mainitud, ei täida liiga äärmusliku kõnetaju lävega stiimul enda eesmärki. Samuti ei tee seda liiga madala regressioonikõvera tõusuga stiimul. Viimane nähtus esineb siis, kui katseisikud kuulevad stiimulit võrdselt hästi erinevate signaali-müra suhete juures. Mainitud karakteristikute parandamine igal stiimulil individuaalselt loob juba iseenesest ühtsema ja sarnasemate omadustega stiimuligrupi.

Tulevikus ongi prioriteediks esialgu stiimulite karakteristikute parandamine. Seejärel tuleb uuendatud stiimulitega läbi viia uued pilootkatsed, et neid uuesti individuaalselt hinnata ning üksteisega võrrelda. Stiimulite töötlemise ja korrastamise tagajärjel valmib lõpuks eestikeelne versioon Digit Triplet testist, mida saab kasutada audioloogiliste testide tegemiseks ja patsientide kuulmislanguse mugavaks mõõtmiseks. Samuti on plaanis luua testist telefoniversioon, mida iga inimene saaks ilma spetsialistide abita kasvõi kodus sooritada, et enda kuulmise kohta adekvaatset tagasisidet saada.

Tänu sõnad

Täna enda juhendajat Avo-Rein Terepingi, kes tutvustas mulle antud projekti ning jagas üldiseid juhiseid uurimistöö eesmärkide osas; Paul James Gardnerit, kes võimaldas mulle vajalikud katsevahendid ja -programmi ning juhendas ja toetas mind andmetöötluse protsessi juures; Maria Tamme, kes jagas näpunäiteid ja toetas kogu töö valmimise juures. Täna ka kõiki katses osalejaid nende panustatud aja eest.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Cruickshanks, K. J., Wiley, T. L., Tweed, T. S., Klein, B. E. K., Klein, R., Mares-Perlman, J. A., Nondahl, D. M. (1998). Prevalence of Hearing Loss in Older Adults in Beaver Dam, Wisconsin. *American Journal of Epidemiology*, 148 (9), 879-886.
- Dalton, D. S., Cruickshanks, K. J., Klein, B. E. K., Klein, R., Wiley, T. L., Nondahl, D. M. (2003). The Impact of Hearing Loss on Quality of Life in Older Adults. *The Gerontologist*, 43 (5). 661-668. doi: [10.1093/geront/43.5.661](https://doi.org/10.1093/geront/43.5.661)
- Gatehouse S., Noble W. (2004). The Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ). *International Journal of Audiology*, 43 (2), 85–99. doi: 10.1080/14992020400050014
- Killion, M.C., Niquette, P.A., Gadmundsen, G. I., Revit, L. J., Banerjee, S. (2004). Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal-hearing and hearing-impaired listeners. *Journal of the Acoustical Society of America*, 116, 2395-2405. doi: 10.1121/1.1784440
- Nilsson, M., Soli, S. D., Sullivan, J. A. (1993). Development of the Hearing In Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 95, 1085-1099. doi: 10.1121/1.408469
- Ozimek, E., Kutzner, D., Sęk, A., Wicher, A. (2009). Development and evaluation of Polish digit triplet test for auditory screening. *Speech Communication*, 51 (4), 307-316. doi: [10.1016/j.specom.2008.09.007](https://doi.org/10.1016/j.specom.2008.09.007)
- Smits, C., Kapteyn, T. S., Houtgast, T. (2004). Development and validation of an automatic speech-in-noise screening test by telephone. *International Journal of Audiology*, 43 (1), 15-28.
- The National Hearing Test*. (2017a). Kasutatud 14.05.2018
https://www.nationalhearingtest.org/wordpress/?page_id=83
- The National Hearing Test*. (2017b.) Kasutatud 14.05.2018
https://www.nationalhearingtest.org/wordpress/?page_id=2730
- Veispak, A., Jansen, S., Ghesquière, P., Wouters, J. (2015). Speech audiometry in Estonia: Estonian words in noise (EWIN) test. *International Journal of Audiology*, 54, 573-578. Doi: 10.3109/14992027.2015.1015688

- Watson, C. S., Kidd, G. R., Miller, J. D., Smits, C., Humes, L. E. (2012). Telephone Screening Tests for Functionally Impaired Hearing: Current use in Seven Countries and Development of a US Version. *International Journal of Audiology*, 23 (10), 757-767. Doi: 10.3766/jaaa.23.10.2
- Zokoll, M. A., Wagener, K. C., Brand, T., Buschermöhle, M., Kollmeier, B. (2012). Internationally comparable screening tests for listening in noise in several European languages: The German digit triplet test as an optimization prototype. *International Journal of Audiology*, 51, 697-707. doi: 10.3109/14992027.2012.690078

LISAD

Lisa 1

Kirjalik nõusolekuleht

Tere tulemast Digit Triplet testi kuulumiskatsesse!

Käesolev katse on kaheosaline. Katse esimeses osas kontrollib eksperimentaator audiomeetrilise testi abil Teie absoluutset kuulumisläve. Teises osas palutakse Teil arvutis sooritada Digit Triplet test. Täpsemad instruksioonid kummagi ülesande kohta jagab Teile eksperimentaator vahetult enne igat katseosa. Mõlemad osad võtavad kokku aega ligikaudu 45 minutit ning kahe osa vahel on Teil soovi korral võimalus võtta lühike puhkepaus.

Katses osalemine on täielikult vabatahtlik ning Teil on õigus igal hetkel lahkuda, kui Te seda soovite. Samuti kinnitame, et osalete katses täielikult anonüümselt ning Teie tulemusi ega jagatud informatsiooni ei ole võimalik Teie isikuga kokku viia. Andmeid salvestatakse, hoitakse ja töödeldakse arvutis, millele on piiratud ligipääs ning mis on turvatud parooliga, mida teab vaid eksperimentaator.

Igasuguste küsimuste või probleemide korral pöörduge eksperimentaatori poole.

Olen lugenud ja tutvunud katse tingimustega ning soovin katsest osa võtta.

Nimi

Allkiri

Käesolevaga kinnitan, et olen korrektselt viidanud kõigile oma töös kasutatud teiste autorite poolt loodud kirjalikele töödele, lausetele, mõtetele, ideedele või andmetele. Olen nõus oma töö avaldamisega Tartu Ülikooli digitaalarhiivis DSpace.

/Mattias Mölder/